

ОЦЕНКА АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ И ПРОФИЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ОЦИНКОВАННОЙ РУЛОННОЙ СТАЛИ НА НЕПРЕРЫВНОМ ТЭСА

А.Г. Варнак, О.В. Варнак, Т.Н. Чурикова

ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности»,
г. Челябинск

Разработана методика проведения металлографических исследований и коррозионных испытаний оцинкованных труб и профилей. В ходе работы исследована зона сварного соединения труб и профилей произведенных из оцинкованного рулонного проката сваркой токами высокой частоты (ТВЧ) на непрерывном трубо-электросварочном агрегате. Определен общий характер и степень повреждения антикоррозионного покрытия в зоне сварного соединения. Установлено, что характер повреждения во всех исследованных образцах одинаков, степень повреждения по ширине и глубине покрытия различна и зависит от режима сварки. На наружной поверхности в большинстве случаев дополнительное цинковое покрытие деформируется и утоняется в результате калибрования-профилирования. Проведены коррозионные испытания с использованием методов ускоренных испытаний. Оценено влияние степени разрушения покрытия в зоне сварного соединения на коррозионную стойкость. Выполнен сравнительный анализ коррозионной стойкости области поврежденного покрытия сварного соединения и стойкости основного покрытия основного металла трубы. Оценена коррозионная стойкость сварных соединений труб и профилей разных сплавов цинкового покрытия. Область повреждения цинкового покрытия в зоне сварного соединения является очагом развития коррозии основного металла. В определенных условиях коррозионная стойкость различна и зависит от степени разрушения покрытия. Чем шире и глубже область поврежденного покрытия, превышающим действие анодной защиты, тем больше очагов коррозии основного металла.

Ключевые слова: оцинкованные трубы и профили; оцинкованная полоса; высокочастотная сварка; зона сварного соединения; зона термического влияния; коррозионная стойкость.

Растущая потребность в трубах малого и среднего диаметра с антикоррозионным покрытием, а также ужесточение требований к экологической безопасности производства ставит перед производителем непростую задачу по поиску энергосберегающей технологии, способной обеспечить достаточную производительность и требуемое качество выпускаемой продукции.

В настоящее время в трубной промышленности России наиболее распространенным массовым способом производства оцинкованных труб и профилей является производство черновых труб на предприятиях ОАО ТМК из углеродистых марок сталей непрерывной печной сваркой на ОАО «ТАГМЕТ» или электросваркой токами высокой частоты (ТВЧ) на ОАО «СТЗ» с последующим горячим жидкофазным цинкованием. Недостатками данного способа являются его сложность, загрязнение окружающей среды отходами при производстве, повышенный расход цинка из-за наплывов, стеков, излишек, которые приводят к неравномерному распределению покрытия. Неравномерность толщины цинкового покрытия по длине трубы наружной и внутренней поверхности может колебаться в пределах от 30 до 200 мкм. Однако существуют альтернативные более экономичные и экологически чистые способы производ-

ства труб и профилей с антикоррозионным металлическим покрытием.

Одним из таких способов является производство сварных труб и профилей из рулонного проката с антикоррозионным цинковым покрытием (или его сплавов с легированными металлами). Технология позволяет производить трубы из оцинкованного рулонного проката с равномерным прочным железцинковым покрытием от 5 до 42 мкм (ГОСТ Р 52246–2004) на стандартных непрерывных ТЭСА сваркой токами высокой частоты (ТВЧ). Непокрытые участки трубы, вследствие разрушения цинкового покрытия под воздействием температур сварки, повторно покрываются цинком или цинконаполненными красками в линии стана [1].

Эффективность противодействия коррозии области поврежденного покрытия в зоне сварного соединения неочевидна и является предметом дискуссий. Известно, что цинковое покрытие, имея свойства протекторной защиты – анодной защиты по отношению к железу или стали, способно защищать определенную область оголенного участка металла трубы от коррозии [2, 3]. При этом эффективность защиты зависит от некоторых технологических особенностей: степени повреждения основного покрытия в зоне сварного соединения,

способа нанесения дополнительного покрытия и способности этого покрытия выдерживать без разрушения деформацию калибровки – профилирования трубы в линии стана. Насколько эффективна защита в конкретных условиях эксплуатации продукции при определенном характере повреждения, является основной задачей исследования.

Объект исследования

Для оценки антикоррозионных свойств, а также качества поверхности и толщины покрытия использованы патрубки № 1–6 труб и профилей, сваренные ТВЧ из оцинкованного рулонного проката.

Непокрытый участок на наружной поверхности трубы, после снятия грата, повторно покрыт антикоррозионным металлическим покрытием способом электродугового газотермического напыления. Дополнительное покрытие деформировано в результате калибровки и профилирования трубы. Зона сварного соединения на внутренней поверхности трубы без дополнительного покрытия. Параметры патрубков № 1–6 указаны в табл. 1.

Профильные трубы патрубков № 1, 2, 3, 6 сформованы с чрезмерно большим суммарным обжатием (более 1,5 %). Трубы имеют дефекты формовки: переформованные углы (острые внутренние углы, утолщение металла, фаска), риски и надавы от инструмента, полосчатость на наружной поверхности после вытяжки.

Патрубки № 1, 2, 3, 5, 6 имеют антикоррозионное покрытие на основе цинка и алюминия с гладкой блестящей поверхностью с минимальным или нормальным узором кристаллизации. Патрубок № 4 имеет покрытие типа «Magnelis» сплав цинка с алюминием (3,5 %) и магнием (3 %), темно-серого цвета с гладкой поверхностью без зерен кристаллизации.

От каждого патрубка получены и обозначены соответствующим номером образцы.

Методика проведения исследования

Выполнен комплекс исследований направленных на выявление антикоррозионных свойств защитного цинкового покрытия сварного соединения и основного металла, общего характера и степени повреждения покрытия в зоне сварного соединения. В комплекс исследований включены

металлографические исследования и коррозионные испытания.

Макроструктуру зоны сварного соединения, параметры повреждения цинкового покрытия и зоны термического влияния (ЗТВ) шва исследовали при увеличении $\times 20$ на стереомикроскопе Stemi 2000C. Общий характер повреждения цинкового покрытия зоны сварного соединения и его химический состав выполняли при помощи электронно-микроскопического исследования участков сварного соединения сканирующим электронным микроскопом JSM 6490 с приставкой для рентгено-спектрального микроанализа при увеличении до $\times 500$ с фотоцифровой регистрацией.

Коррозионные испытания выполняли по ГОСТ 9.308–85 с использованием методов № 1 и 6 ускоренных испытаний. Коррозионные испытания проводили в камере соляного тумана ASCOTT S 120 PLUS. После окончания испытаний образцы осматривали визуально. Оценку защитной способности проводили визуально. Критерием оценки является количество и распределение коррозионных дефектов.

Результаты металлографического исследования

Трубы и профили для образцов сварены из оцинкованного рулонного проката. Сварка труб и профилей выполнялась токами высокой частоты способом индукционного подвода тока к свариваемым кромкам.

С учетом особенностей процесса сварки кромок на рис. 1 приведен общий характер разрушения цинкового покрытия на внутренней поверхности трубы в зоне сварного соединения. Диаграмма распределения температуры нагрева металла в направлении поперечного сечения от оси шва определена условно по параметрам повреждения покрытия и зоны термического влияния сварного соединения [4].

Процесс сварки сопровождается нагревом кромок и сжатием их в сварочной клетке. Ток высокой частоты ввиду поверхностного эффекта и эффекта близости концентрируется на торцах кромок, нагревая тонкий слой металла до температуры плавления. При схождении кромок в калибре сварочной клетки жидкий и деформированный твер-

Материал исследования

Таблица 1

№ патрубка	Геометрические параметры, мм	Основное покрытие – сплав на основе цинка
1	Профиль квадратный 25×25×1,5	Zn, Al
2	Профиль квадратный 40×40×2,0	Zn, Al
3	Профиль квадратный 50×50×2,5	Zn, Al
4	Профиль квадратный 50×50×3,0	Zn, Al, Mg
5	Труба $\varnothing 33,7 \times 3,0$	Zn, Al
6	Профиль прямоугольный 40×20×2,0	Zn, Al

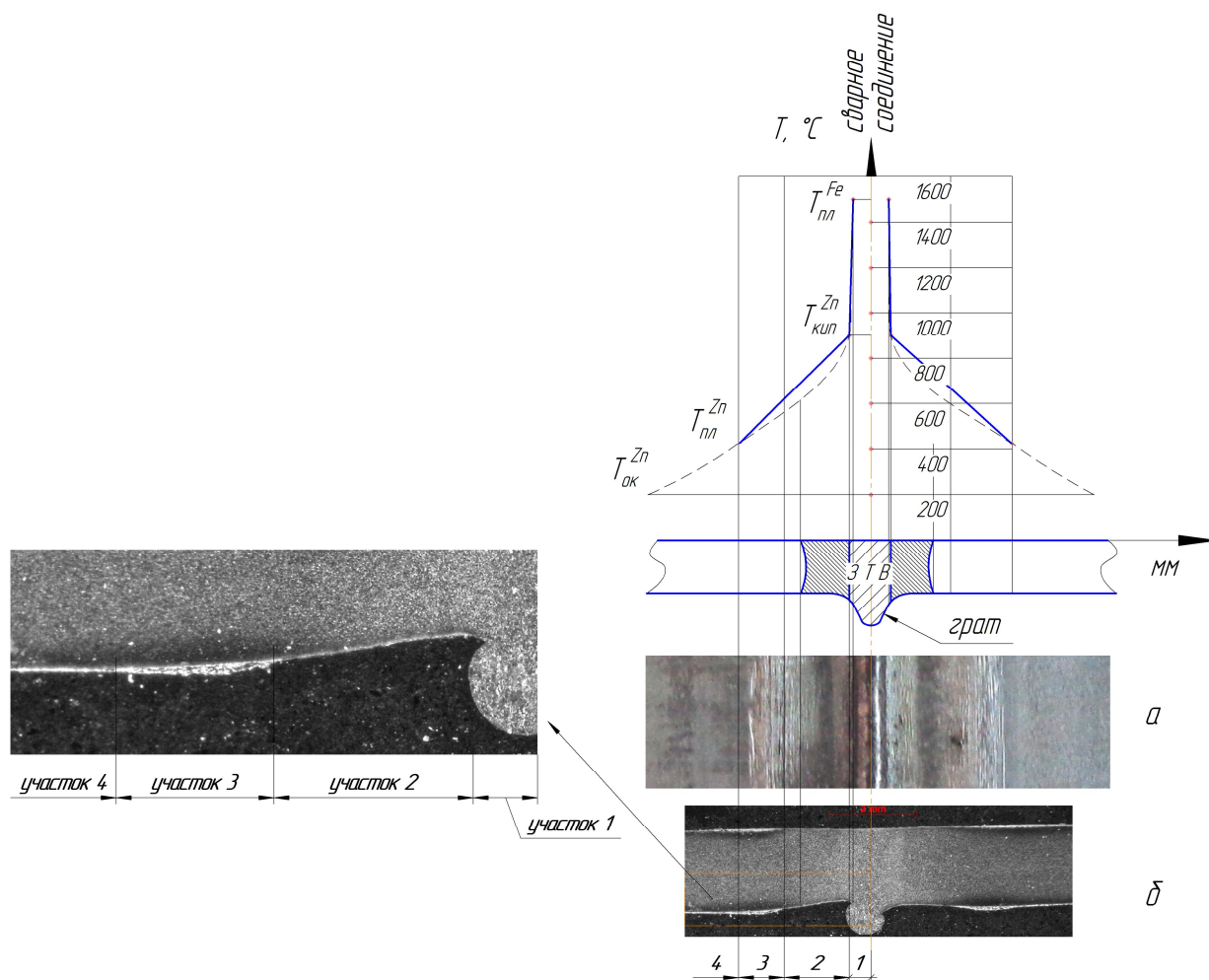


Рис. 1. Область повреждения цинкового покрытия при сварке ТВЧ и график распределения температуры по ширине сварного соединения: а – вид внутренней поверхности зоны сварного соединения (образец №6); б – вид поперечного шлифа зоны сварного соединения (образец № 6)

дый металл, в процессе осадки, вытесняется в наружный и внутренний грат [5]. Нагрев торцев кромок до температуры сварки при нормальных скоростях от 50 до 120 м/мин происходит мгновенно и носит кратковременный характер 0,2–0,5 с [6]. За это время, цинковое покрытие основного металла повреждается и разрушается вблизи схождения кромок вследствие плавления и испарения цинка с образованием амфотерных окислов.

Общая область повреждения покрытия на внутренней поверхности всех образцов № 1–6 разделяется на четыре отдельных участка, отличающиеся между собой механизмом повреждения.

Участок грата «1», характеризуется полным разрушением цинкового покрытия вследствие кипения и испарения цинка (температура кипения цинка $T_{\text{кип}}^{\text{Zn}} = 906 ^\circ\text{C}$). Температура основного металла равна или близка температуре плавления ($\geq 1500 ^\circ\text{C}$). В зоне термического влияния на линии сплавления присутствуют крупные ферритные равноосные зерна, что характерно для перегретого

металла (температура значительно больше, чем температура точки A_{c3}). Оксиды цинка на поверхности отсутствуют, это подтверждается при исследовании химии поверхности.

Следующие два участка «2» и «3» характеризуются различной степенью повреждения цинкового покрытия вследствие плавления (температура плавления цинка $T_{\text{пл}}^{\text{Zn}} = 419 ^\circ\text{C}$), испарения и окисления цинка (температура окисления цинка $T_{\text{ок}}^{\text{Zn}} = 419 ^\circ\text{C}$). Покрытие участка «2», прилегающего к основанию грата, утоняется в 1,5–5 раз, на поверхности образуются слои оксида цинка. Температура участка в зоне термического влияния находится ниже температуры точки A_{c3} , чему соответствует мелкозернистая структура, как результат полной (ближе к сварному соединению) и частичной перекристаллизации основного металла трубы. Покрытие на участке «3» имеет скопление цинка виде напыля толщиной больше чем толщина основного покрытия в результате стекания цинка при сварке в поперечном направлении от линии

сплавления. Является переходным участком от неповрежденного до поврежденного по толщине основного покрытия. Температура участка «3» основного металла много меньше, чем температура точки A_{c1} , исходная структура металла не изменена.

Участок «4» неповрежденного по толщине цинкового покрытия имеет окислы цинка на поверхности. Температура основного металла меньше температуры плавления цинка.

Параметры по ширине ЗТВ и участков повреждения защитного покрытия на внутренней и внешней поверхности образцов приведены в табл. 2.

Толщина цинкового покрытия поперечных шлифов образцов каждого из участков приведены в табл. 3.

Степень механического повреждения дополнительного покрытия на наружной поверхности в зоне сварного соединения зависит, прежде всего, от величины деформации в калибровочном и профилирующем станах и режима нанесения цинка на металл (чистоты и температуры наружной поверхности). Дополнительное покрытие, полученное способом газотермического напыления, при многопроходном профилировании [7] деформируется и уплотняется в калибре.

Процесс газотермического напыления сопровождается нагревом цинка электрической дугой и диспергированием мельчайших жидких частиц цинка струей сжатого воздуха при соударении которых с основным металлом трубы происходит соединение за счет когезии, адгезии и механического сцепления. Осевшие частицы деформируются и образуют металлизационное покрытие со

слоистым рыхлым строением [8]. На образцах № 1, 2, 3, 5, 6 это покрытие утонено, толщина не более 5 мкм, что в 5–8 раз меньше толщины основного покрытия. На образце № 4 дополнительное цинковое покрытие не повреждено, его толщина равна номинальной толщине основного покрытия.

Результаты коррозионных испытаний

Коррозионные испытания в камере соляного тумана по ГОСТ 9.308–85 проводили для образцов № 2, 3, 4, 5, 6.

Выбрано несколько методов ускоренных коррозионных испытаний, моделирующие различные условия эксплуатации оцинкованных труб и профилей. Целью испытаний является: оценка влияния степени разрушения покрытия в зоне сварного соединения на коррозионную стойкость; сравнительный анализ коррозионной стойкости области поврежденного покрытия сварного соединения и стойкости основного покрытия основного металла трубы.

Метод испытаний № 6 по ГОСТ 9.308–85 в камере при повышенных значениях относительной влажности воздуха и температуры с периодической конденсацией влаги в течение 10 циклов (240 ч) в дистиллированной воде (ГОСТ 6709–72).

Выдержало испытания основное цинковое покрытие основного металла на всех образцах. На поверхности присутствуют белесые и белые пятна коррозии покрытия, так называемая «белая ржавчина».

Выдержала испытания область покрытия в зоне сварного соединения образца № 5, на внут-

Таблица 2

Ширина ЗТВ и участков повреждения защитного покрытия на внутренней и внешней поверхности образцов

№ образца	ЗТВ, мм	Область утоненного покрытия наружной поверхности, мм	Участки с повреждениями на внутренней поверхности относительно оси симметрии, мм		
			Участок 1	Участок 2	Участок 3
1	2,5	3,2	0,5	1,2	1,1
2	3,0	2,8	0,5	1,2	1,3
3	2,5	4,0	0,5	1,3	1,3
4	1,9	–	0,5	1,1	0,8
5	3,1	4,6	0,6	1,1	1,6
6	3,4	3,6	0,4	1,4	1,4

Таблица 3

Толщина цинкового покрытия внутренней поверхности образцов

№ образца	Толщина покрытия на каждом участке, мкм		
	Участок 2, минимальная	Участок 3, максимальная	Участок 4, номинальная средняя
1	17	120	45
2	14	75	25
3	5–8	82	25
4	5–8	120	15
5	27	76	40
6	13	87	30

Обработка металлов давлением

ренней и наружной поверхности отсутствуют очаги коррозии основного металла (рис. 2, в). Покрытие участка «2» имеет наибольшую остаточную толщину и менее повреждено по сравнению с остальными образцами (рис. 2, а). В данных условиях, коррозионная стойкость области поврежденного покрытия сварного соединения равна стойкости основного покрытия основного металла. Ширина зоны действия анодной защиты покрытия, оголенного участка грата, составляет 1,2 мм.

Можно считать условно выдержавшей испытания область покрытия в зоне сварного соединения образцов № 2, 4, 6. С краю образцов, у осно-

вания грата, все же присутствуют в количестве одного или двух точечных очагов коррозии основного металла размерами до 1 мм², не более одного очага у образцов № 2, 6 и два очага у образца № 4 (рис. 2, в). Покрытие участка «2» имеет равномерное утонение по толщине в 2–3 раза меньшее, чем толщина основного покрытия. Коррозионная стойкость области поврежденного покрытия сварного соединения, в данных условиях, приближена к стойкости основного покрытия основного металла трубы. Ширина зоны действия анодной защиты покрытия составляет 1,0 мм.

Не выдержала испытания область покрытия

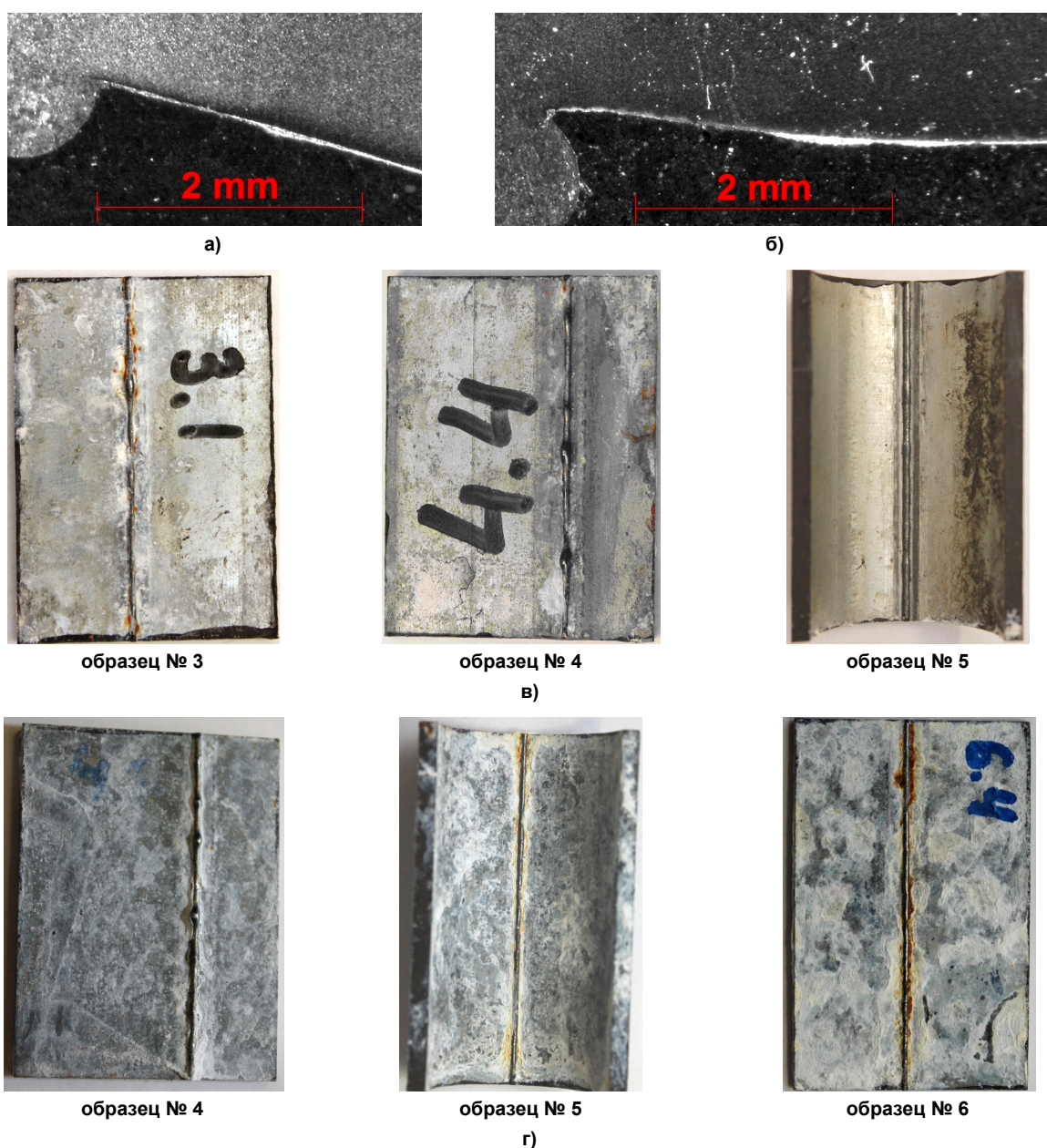


Рис. 2. Виды сварного соединения отдельных образцов после коррозионных испытаний: а – вид поперечного шлифа зоны сварного соединения образца № 5; б – вид поперечного шлифа зоны сварного соединения образца № 3; в – образцы № 3, 4, 5 после коррозионных испытаний в камере при повышенных значениях относительной влажности воздуха и температуры с периодической конденсацией влаги; г – образцы № 4, 5, 6 после коррозионных испытаний в камере при воздействии нейтрального соляного тумана

в зоне сварного соединения образца № 3, у основания грата по всей длине множественные точечные очаги коррозии основного металла. Покрытие участка «2» прерывистое и имеет значительное утонение по толщине в 5 раз меньшее, чем толщина основного покрытия (рис. 2, б).

Метод испытаний № 1 по ГОСТ 9.308–85 в камере соляного тумана при воздействии нейтрального соляного тумана в течение 240 ч в 5%-ном растворе хлористого натрия (ГОСТ 4233–77) на дистиллированной воде по (ГОСТ 6709–72), рН раствора в пределах 6,5–7,2. После окончания испытаний получены следующие результаты.

Выдержало испытания основное цинковое покрытие на образцах № 3, 4, 5, 6. На наружной поверхности образцов № 3, 5, 6 густой белый налет, у образца № 4 прозрачный тонкий белый налет. Очагов коррозии основного металла нет.

Не выдержало испытания основное цинковое покрытие на образце № 2, на всей поверхности образца точечные очаги коррозии основного металла.

Выдержала испытания область покрытия в зоне сварного соединения образца № 4 на внутренней и наружной поверхности образцов отсутствуют очаги коррозии основного металла. В данных условиях, коррозионная стойкость области поврежденного покрытия сварного соединения образца № 4 равна стойкости основного покрытия основного металла трубы. Ширина зоны действия анодной защиты составляет 1 мм (рис. 2, г).

Не выдержала испытания область покрытия сварного соединения образцов № 2, 3, 5, 6, у основания грата коррозия основного металла (рис. 2, г). На наружной поверхности образцов очагов коррозии основного металла нет.

Заключение

Определен общий характер и степень повреждения области защитного покрытия в зоне сварного соединения при сварке труб из оцинкованного рулонного проката токами высокой частоты в линии ТЭСА.

В области поврежденного покрытия на внутренней поверхности определены четыре участка, отличающиеся между собой механизмом повреждения. На линии сплавления участок грата «1» покрытие полностью разрушается, окислы цинка отсутствуют. На участке «2» прилегающего к основанию грата покрытие равномерно утоняется в 1,5–5 раз или частично разрушается, вследствие окисления, плавления и испарения цинка. На участке «3», находящемся на расстоянии от сварного соединения, образуется скопление цинка в виде наплыва в результате стекания расплавленного цинка при сварке в поперечном направлении от линии сплавления. На последнем участке «4» покрытие без повреждений, на поверхности присутствуют окислы цинка.

Характер повреждения во всех исследованных образцах одинаков, степень повреждения по ширине и глубине покрытия различна и зависит от режима сварки. Для минимизации повреждения покрытия процесс сварки должен сопровождаться без перегрева кромок и периодических выплесков металла (искрообразования) при их сплавлении. Перегрев приводит к увеличению ширины ЗТВ сварного соединения и увеличивает время пребывания покрытия при температурах плавления и испарения. Поэтому температура нагрева кромок трубной заготовки перед сваркой и давление в сварочном калибре должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы наружный грат не раздвигался.

На наружной поверхности большинства образцов дополнительное покрытие деформировано и утонено в результате калибрования-профилирования при чрезмерно большом суммарном обжатии более 1,5 %. На образце № 4 дополнительное покрытие также деформировано, но его толщина равна номинальной толщине основного покрытия.

Область повреждения цинкового покрытия в зоне сварного соединения является очагом развития коррозии основного металла. В определенных условиях коррозионная стойкость различна и зависит от степени разрушения покрытия. Чем шире и глубже область поврежденного покрытия трубы, превышающим действие анодной защиты, тем больше очагов коррозии основного металла.

Коррозионная стойкость области покрытия в зоне сварного соединения большинства образцов (№ 2, 4, 5, 6), при испытании в камере при повышенных значениях относительной влажности воздуха и температуры с периодической конденсацией влаги, приближена к стойкости основного покрытия основного металла. Трубы могут эксплуатироваться в естественных атмосферных условиях без дополнительной обработки зоны сварного соединения внутри трубы цинконаполненными лакокрасочными материалами (ЛКМ).

Не выдержала испытания по методу № 6 ГОСТ 9.308–85 область покрытия в зоне сварного соединения образца № 3, из-за значительной степени повреждения покрытия. Сварное соединение необходимо дополнительно покрывать внутри трубы способом автоматического распыления цинконаполненными ЛКМ в линии ТЭСА. Это конструктивно и технологически реализуемо при производстве труб диаметром более 30 мм.

Коррозионные испытания в более агрессивной среде в камере соляного тумана при воздействии нейтрального соляного тумана (5%-ный раствор хлористого натрия, рН 6,5–7,2) не выдержало большинство образцов (№ 2, 3, 5, 6). В основном не выдержала область покрытия сварного соединения, у основания грата коррозия основного металла образцов № 3, 5, 6. На поверхности основного покрытия очагов коррозии основного металла

Обработка металлов давлением

нет. В данном случае сварное соединение необходимо также дополнительно покрывать внутри трубы цинконаполненными ЛКМ.

Полностью выдержал коррозионные испытания образец № 4. В данных условиях, коррозионная стойкость области поврежденного покрытия сварного соединения образца № 4 равна стойкости основного покрытия основного металла тубы. Покрытие «Magnelis» сплав цинка с алюминием (3,5 %) и магнием (3 %) образца № 4 показывает лучшие результаты по коррозионной стойкости, по сравнению с покрытиями сплава Zn и Al остальных образцов, как основного покрытия, так и области покрытия сварного соединения. Профильная труба с покрытием типа «Magnelis» может эксплуатироваться в более агрессивных условиях без дополнительной обработки зоны сварного соединения ЛКМ.

Литература

1. Шлугер, М.А. Коррозия и защита металлов / М.А. Шлугер, Ф.Ф. Ажогин, Е.А. Ефимов. – М.: Металлургия, 1981. – 216 с.
2. Розенфельд, И.Л. Ускоренные методы коррозионных испытаний металлов (теория и практика) / И.Л. Розенфельд, К.А. Жигалова. – М.: Металлургия, 1966. – 349 с.
3. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – М.: Физматлит, 2006 – 376 с.
4. Стеклов, О.И. Поведение сварных и паяных соединений оцинкованных сталей в коррозионной среде / О.И. Стеклов, С.К. Павлюк, А.В. Лупачев // Сварочное производство. – 2012. – № 4 – С. 3–11.
5. Иванов, В.Н. Высокочастотная сварка металлов / В.Н. Иванов, И.В. Лукин, В.Л. Кулжинский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 96 с.
6. Матвеев, Ю.М. Теоретические основы производства сварных труб / Ю.М. Матвеев. – М.: Металлургия, 1967. – 168 с.
7. Данченко, В.Н. Производство профильных труб / В.Н. Данченко, В.В. Сергеев, Э.В. Никулин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 224 с.
8. Балдаев, Л.Х. Газотермическое напыление: учеб. пособие / Л.Х. Балдаев, В.Н. Борисов, В.А. Валяхин. – М.: Маркет ДС, 2007. – 344 с.

Варнак Александр Геннадьевич, научный сотрудник лаборатории прочности и сварки труб, ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Челябинск; varnak@rosniti.ru.

Варнак Ольга Васильевна, младший научный сотрудник лаборатории термической обработки, ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Челябинск; varnakov@rosniti.ru.

Чурикова Татьяна Николаевна, ведущий инженер лаборатории прокатного инструмента, технологических смазок и покрытий, ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Челябинск; churikova@rosniti.ru.

Поступила в редакцию 6 апреля 2015 г.

DOI: 10.14529/met160215

EVALUATION OF ANTICORROSIVE PROPERTIES OF WELDED JUNCTIONS OF PIPES AND PROFILES MADE OF A GALVANIZED STRIP ON A CONTINUOUS ELECTRIC-WELD PIPE MILL

Varnak A.G., varnak@rosniti.ru,
Varnak O.V., varnakov@rosniti.ru,
Churikova T.N., churikova@rosniti.ru

Russian Research Institute of the Tube and Pipe Industries (RosNITI), Chelyabinsk, Russian Federation

In this research the method of metallographic examinations and corrosion tests of galvanized pipes and profiles was developed. The zone of a welded joint of pipes and profiles made of a galvanized strip by high-frequency welding on a continuous electric-weld pipe mill was investigated. A general character and the degree

of the anticorrosive coating damage in the weld junction zone were defined. It was determined that the character of the damage in all investigated samples was the same, while the damage degree in the coating width and depth is different and depends on welding modes. On the outer surface of the pipe an additional zinc coating is usually deformed and thinned as a result of profiling-calibration. Corrosion tests were carried out using accelerated test methods. The effect of the degree of the coating damage in the zone of the weld junction on corrosion resistance was evaluated. A comparative analysis of corrosion resistance of the damaged coating zone of the weld junction and the base coating of the base pipe metal was carried out. Corrosion resistance of weld junctions of pipes and profiles with various zinc alloy coatings was evaluated. The damaged area of the zinc coating in the weld junction zone is a corrosion center of the base metal. Under certain conditions the corrosion resistance is different and depends on the degree of the coating damage. The wider and the deeper is the area of the damaged coating that exceeds the action of the anode protection, the more corrosion centers of the base metal exist.

Keywords: galvanized pipes and profiles; galvanized strip; high-frequency welding; weld junction; heat-affected zone; corrosion resistance.

References

1. Shluger M.A., Azhogin F.F., Efimov E.A. *Korroziya i zashchita metallov* [Corrosion and Protection of Metals]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1981. 216 p.
2. Rozenfel'd I.L., Zhigalova K.A. *Uskorennye metody korrozionnykh ispytaniy metallov (teoriya i praktika)* [Rapid Methods of Corrosion Testing of Metals (Theory and Practice)]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1966. 349 p.
3. Semenova I.V., Florianovich G.M., Khoroshilov A.V. *Korroziya i zashchita ot korrozii* [Corrosion and Corrosion Protection]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2006. 376 p.
4. Steklov O.I., Pavlyuk S.K., Lupachev A.V. [The Behaviour of Welded and Brazed Joints of Galvanized Steel in a Corrosive Environment]. *Svarochnoe proizvodstvo*, 2012, no. 4, pp. 3–11. (in Russ.)
5. Ivanov V.N., Lunin I.V., Kulzhinskiy V.L. *Vysokochastotnaya svarka metallov* [High-Frequency Welding of Metals]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1979. 96 p.
6. Matveev Yu.M. *Teoreticheskie osnovy proizvodstva svarnykh trub* [Theoretical Basis of Welded Pipe Production]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1967. 168 p.
7. Danchenko V.N., Sergeev V.V., Nikulin E.V. *Proizvodstvo profil'nykh trub* [Shaped Pipe Production]. Moscow, Intermet Engineering Publ., 2003. 224 p.
8. Baldaev L.Kh., Borisov V.N., Valakhin V.A. *Gazotermicheskoe napylenie* [Gas Thermal Spraying]. Moscow, Market DS Publ., 2007. 344 p.

Received 6 April 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Варнак, А.Г. Оценка антикоррозионных свойств сварного соединения труб и профилей, изготовленных из оцинкованной рулонной стали на непрерывном ТЭСА / А.Г. Варнак, О.В. Варнак, Т.Н. Чурикова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 98–105. DOI: 10.14529/met160215

FOR CITATION

Varnak A.G., Varnak O.V., Churikova T.N. Evaluation of Anticorrosive Properties of Welded Junctions of Pipes and Profiles Made of a Galvanized Strip on a Continuous Electric-Weld Pipe Mill. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 98–105. (in Russ.) DOI: 10.14529/met160215